

新课标
配人教版



学习质量测评

《学习质量测评》编委会 策划编写

必修 2

xi zhi liang ce ping xue xi zhi liang ce ping xue xi zhi liang ce ping

高中 物理

必修 2



主 编：钱 骏

编 者：（以姓氏笔画为序）

王亚东 袁裕浩 钱 骏

新课标学习 质量测评

图书在版编目(CIP)数据

新课标学习质量测评·高中物理·2:必修/钱骏主
编. —南京:江苏文艺出版社, 2007. 5
ISBN 978-7-5399-2575-2

I. 新... II. 钱... III. 物理课—高中—教学参考
资料 IV. G634

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 068328 号

书 名 新课标学习质量测评·高中物理·必修 2
编 者 钱 骏等
责任编辑 苏 南
责任监制 卞宁坚 江伟明
出版发行 江苏文艺出版社(南京湖南路 47 号 210009)
集团地址 凤凰出版传媒集团(南京中央路 165 号 210009)
集团网址 凤凰出版传媒网 <http://www.ppm.cn>
印 刷 南京雄州印刷有限公司
经 销 江苏省新华书店集团有限公司
开 本 850×1168 毫米 1/16
印 张 81
字 数 207 万字
版 次 2007 年 8 月第 1 版第 1 次印刷
标准书号 ISBN 978-7-5399-2575-2
定 价 120.00 元(全八册)

江苏文艺版图书凡印刷、装订错误可随时向承印厂调换

《高中学习质量测评》编委会

总策划:张志翔 伊 仁

委 员:张必忠(江苏省化学高级教师,江苏省如东高级中学)

钱 骏(江苏省物理特级教师,江苏省梁丰高级中学)

王思俭(江苏省数学特级教师,江苏省苏州中学)

黄建书(江苏省生物特级教师,江苏省南通第一中学)

王仁元(江苏省英语特级教师,南京市外国语学校)

章 宏(南京教育科学研究所主任,高级教师)

靳贺良(江苏省语文特级教师)

郭东辉(江苏省历史高级教师)

陆芷茗(江苏省地理高级教师)

陈明芬(江苏省政治高级教师)

编写说明

从2004年开始,江苏省的高考进入“国家统一考试,分省自主命题”的新阶段;2005年秋季起,江苏全省启用“普通高中课程标准实验教科书”,这意味着2008年的高考将以此为纲。面对如此快速的变动,研究教材、研究高考日显重要。江苏文艺出版社组织江苏省内教育发达地区的一线优秀骨干教师、教研员组成《学习质量测评》编委会,认真研究、分析了当前高中教育教学改革的需要,汲取优秀学习辅导资料的精华,为广大高中师生量身定做了这套教辅精品。本套丛书有以下特点:

贴近教学,重点突出。

2005年江苏全面进入高中课程改革,普通高中课程由必修和选修两部分构成,通过学分描述学生的课程修习状况。为此,《学习质量测评》丛书从高中一年级开始配合此次课程改革的要求,配套多个版本新课标教材的内容进行编写,做到与教材配套,与课改要求配套。

名校名师,倾力奉献。

这套丛书的编写人员由省内重点中学近百位教研专家、特高级教师组成,囊括众多名校名师:梁丰高级中学校长、物理特级教师钱骏;如东高级中学校长、化学高级教师张必忠;苏州中学数学特级教师王思俭;南通一中生物特级教师黄建书;南京教育科学研究所主任、高级教师章宏;语文特级教师靳贺良等。

编写人员认真把握教学大纲的精神,分析、研究当前图书市场上同类教辅的优劣,结合自己多年的教学心得体会,力争把最便捷、最优秀、最实惠的教学成果奉献给广大师生。

命题设计,精当新活。

不论是名师点拨,还是水平自测、能力提升,所选的题目体现了一个“精”字;以点带面,突出一个“活”字。注重学生的能力培养,命题设计灵活多样,具有较强的前瞻性,充分体现了高考和课改中的能力要求,在练习中培养学生的创新思维和探索精神。

设计合理,便于使用。

编写体例按照学、练、考的教学思想、优化设计,合理安排。在栏目设置中考虑了有便于学生预习的课前链接;提炼重点的知识网络;师生互动的名师点拨;便于自测的水平自测;贴近高考,便于学有余力学生自学的高考展望和能力提升。

Contents

目录



第五章 万有引力与航天

- ★ 第一课时 行星的运动 太阳与行星间的引力 /1
- ★ 第二课时 万有引力定律 /7
- ★ 第三课时 万有引力理论的成就 /13
- ★ 第四课时 宇宙航行 /18
- ★ 第五课时 课题研究:人造地球同步卫星 /24
- ★ 第六课时 经典力学的局限性 /28
- ★ 第五章单元测试(A) /31
- ★ 第五章单元测试(B) /33



第六章 机械能守恒定律

- ★ 第一课时 追寻守恒量 功 /36
- ★ 第二课时 功率 /42
- ★ 第三课时 重力势能 /47
- ★ 第四课时 探究弹性势能的表达式 /53
- ★ 第五课时 探究功与物体速度变化的关系: 动能 /57
- ★ 第六课时 动能定理 /63
- ★ 第七课时 动能定理的应用 /68
- ★ 第八课时 机械能守恒定律 /74
- ★ 第九课时 机械能守恒定律的应用 /80

- ◆ 第十课时 实验:验证机械能守恒定律 /85
- ◆ 第十一课时 能量守恒定律与能源 /90
- ◆ 第六章单元测试(A) /94
- ◆ 第六章单元测试(B) /97



第七章 曲线运动

- ◆ 第一课时 曲线运动 /100
- ◆ 第二课时 质点在平面内的运动 /104
- ◆ 第三课时 探究平抛运动的规律 /109
- ◆ 第四课时 抛体运动的规律 /113
- ◆ 第五课时 匀速圆周运动 /120
- ◆ 第六课时 向心加速度 /126
- ◆ 第七课时 向心力 /129
- ◆ 第八课时 生活中的圆周运动 /134
- ◆ 第九课时 课题研究:圆周运动中的临界问题 /140
- ◆ 第七章单元测试(A) /147
- ◆ 第七章单元测试(B) /149

期末测试卷(A) /151

期末测试卷(B) /154

参考答案 /159



第五章 万有引力与航天

第一课时

行星的运动 太阳与行星间的引力



1. 了解关于天体运动的两种学说：地心说和日心说

托勒密的地心说认为地球是宇宙的中心，是静止不动的，太阳、月亮及其他行星都绕地球运动，它比较符合人们的直接经验，所以很容易为人们所接受。1543年，哥白尼在《天体运行论》一书中提出了日心说，即太阳是静止不动的，地球和其他行星都绕太阳运动。

2. 理解开普勒关于行星运动的三定律

第一定律(轨道定律)：所有行星分别在大小不同的椭圆轨道上围绕太阳运动，太阳位于椭圆的一个焦点上。

第二定律(面积定律)：每一行星的矢径(行星中心到太阳中心的连线)在相等的时间内扫过相等的面积。

第三定律(周期定律)：行星绕太阳运动的周期 T 的二次方与该行星的椭圆半长轴 a 的三次方成正比。

开普勒发现这些定律，经历了艰苦的探索历程。1600年，他成为“星学之父”第谷的助手。第谷为了编制包括一千个天体的星表，二十年如一日持续观测，积累了大量的可靠资料，测量误差不超过 $2'$ 。第谷1601年去世后，这笔宝贵的科学财富就留给了开普勒，他从第谷的资料中发现了真理。如果以匀速圆周运动来研究行星运动，其结果和第谷的观测结果比较，至少相差 $8'$ 以上，而第谷数据的误差不允许大于 $2'$ 。顽强的探索使开普勒突

破了匀速率运动和圆轨道两个传统观念的束缚，于是误差消除了，第一、第二定律随之诞生。想象和直觉第三次引导开普勒：杂散的数据中应该有统一，不协调中应该有和谐。后来他终于发现：如果将地球的周期和轨道半长轴都设为1个单位，则所有行星的 T^2 都等于 a^3 (见下表)，这就是第三定律。

行星	偏心率 e	$a^3(r_{\text{地}}=1)$	$T^2(T_{\text{地}}=1)$
水星	0.206	0.058	0.058
金星	0.007	0.378	0.378
地球	0.017	1.000	1.000
火星	0.093	3.540	3.537
木星	0.048	141.000	140.700
土星	0.055	878.100	867.700

开普勒的最后一次探索，是猜想行星运动定律只是某一个更普遍定律的表现，并着手从物理原因，即太阳的作用去寻找这个定律。开普勒没有完成这次探索，但他的方向无疑是正确的。开普勒不愧为天体力学的奠基人。

3. 从运动现象研究力——万有引力定律的建立

当时已知的六大行星，其偏心率 e 除水星外都不大(见上表)，可把行星轨道近似看做圆形。根据面积定律，行星应做匀速率圆周运动。

$$\text{所以，其向心加速度：} a_n = \frac{v^2}{r} \quad ①$$

$$\text{对圆轨道，周期：} T = \frac{2\pi r}{v} \quad ②$$

$$\text{周期定律：} \frac{r^3}{T^2} = K \quad (K \text{ 为与太阳有关的常量}) \quad ③$$

$$\text{将②③代入①有：} a_n = \frac{4\pi^2 K}{r^2} \quad ④$$

根据牛顿第二定律，即得行星受到的向心力：



$$f = \frac{4\pi^2 mK}{r^2} \quad (5)$$

这说明,开普勒第三定律实际上向人们提示了这样的—个结论:一个行星所受到的向心力与其质量成正比,与它到太阳的距离二次方成反比。当然这也是建立在牛顿经典力学的基础上的。

行星所受到的向心力来自于太阳对行星的引力,大小 $F \propto \frac{m}{r^2}$ (6)

就太阳对行星的引力来说,行星是受力星体,因此上述引力是与受力星体的质量成正比。根据牛顿第三定律,行星对太阳也有引力 F' ,太阳作为受力体, F' 的大小应该与太阳的质量成正比,与行星、太阳距离的二次方成反比,

$$\text{即 } F' \propto \frac{M}{r^2} \quad (7)$$

由⑥、⑦两式,且 F 、 F' 的大小相等,因此太阳与行星间的引力 $F \propto \frac{Mm}{r^2}$

$$\text{写成等式就是 } F = \frac{GMm}{r^2}.$$

式中 G 是比例系数,与太阳和行星无关。

4. 通过了解人类对行星运动规律认识的历程,了解牛顿关于天体间引力的研究过程,培养科学探究的兴趣和实事求是的科学探索精神。

UXIDAOHANG 预习导航

1. “地心说”是由欧多克斯和亚里士多德倡导,天文学家_____系统发展的;“日心说”是由波兰天文学家_____提出的。

2. 围绕太阳运动所有行星的轨道都是椭圆,它们的半长轴、半短轴各不相同,但在实际问题中将行星的运行轨道看做圆形,是一种近似的处理方式。地球绕太阳运行的周期是_____,它距离太阳的平均距离等于_____。月亮绕地球运动的周期是_____,它距离地球的平均距离等于_____,因为月球总是同一面朝向地球,月球的自转周期与公转周期相等。

3. 开普勒第一定律是_____,开普勒第二定律是_____,开普勒第三定律是_____。

_____,周期定律中的常数 K 是与太阳质量有关的常量。

名师点拔

例1 天文学上曾出现几个行星与太阳在同一直线上的现象。假设地球和火星绕太阳的运动可看做匀速圆周运动,周期分别是 T_1 和 T_2 ,它们绕太阳运动的轨道基本上在同一水平面上。若在某时刻地球和火星都在太阳的一侧,三者一条直线上,那么再经过多长的时间,将再次出现这种现象(已知地球离太阳较近,火星离太阳较远) ()

A. $\frac{T_1+T_2}{2}$ B. $\sqrt{T_1 T_2}$

C. $\sqrt{\frac{T_1^2+T_2^2}{2}}$ D. $\frac{T_1 T_2}{T_2-T_1}$

解: 地球离太阳较近,因此地球运行周期较小,运行速度大。当地球、火星都在太阳的一侧时,再次出现三者一条直线上,地球比火星多运行了一周。设地球、火星运行的角速度分别为 ω_1 、 ω_2 ,运行时间为 t ,则有 $\omega_1 t - \omega_2 t = 2\pi$

$$\text{即 } \frac{2\pi}{T_1} t - \frac{2\pi}{T_2} t = 2\pi$$

$$\text{解得 } t = \frac{T_1 T_2}{T_2 - T_1}.$$



点评

本题是圆周运动中的追及、相遇问题,需注意,地球、火星再次相遇时,内轨道的地球比外轨道的火星多走了一圈,但相遇点并不在出发点,即地球、火星运行的时间并不是各自周期的整数倍。

例2 月球环绕地球运动的轨道半径约为地球的60倍,运行周期约为27天。应用开普勒定律计算:在赤道平面内离地面多少高度,人造地球卫星可以随地球一起转动,就像停留在天空中不动一样。(地球半径约为6400km)

解: 设人造地球卫星运行半径为 R ,周期为 T ,根据开普勒第三定律有 $K = \frac{R^3}{T^2}$ 。同理设月球轨道半径为 R' ,周期为 T' ,也有 $K = \frac{R'^3}{T'^2}$ 。

由上述两式可得 $\frac{R^3}{T^2} = \frac{R'^3}{T'^2}$

解得 $R = \sqrt[3]{\frac{T'^2}{T^2} R'^3} = 6.67 R_{\text{地}}$

在赤道平面内离地面高度

$$H = R - R_{\text{地}} = 5.67 R_{\text{地}} = 3.63 \times 10^7 \text{ m}.$$

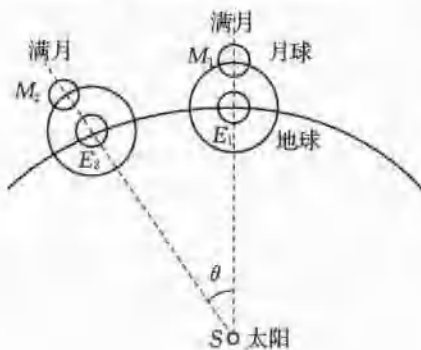


点评

(1) 在开普勒第三定律中, 围绕同一天体运行的所有物体的 $\frac{R^3}{T^2}$ 均相等. 但围绕太阳的所有行星的 $\frac{R^3}{T^2}$ 与围绕地球的月球和人造卫星的 $\frac{R^3}{T^2}$ 是不相等的.

(2) 随地球一起转动且相对地球表面静止的卫星, 称为同步卫星, 它们的运行周期和离地面的高度均是确定值, 不能随意变动.

例 3 若近似认为月球绕地球公转与地球绕日公转的轨道在同一平面内, 且都为正圆, 且这两种转动同向, 如图所示. 月相变化的周期为 29.5 天. 求月球绕地球一周所用时间 T . (因月球总是同一面朝向地球, 月球的自转周期与公转周期相同, 且转动方向相同. 故 T 恰是月球自转周期)



例 3 图

解: 地球绕太阳公转的角速度 $\omega = \frac{2\pi}{365}$ (地球公转取 365 天), 设两次满月间的 29.5 天时间内地球公转了 θ 角, 则有 $\theta = \omega \cdot 29.5 = \frac{2\pi}{365} \times 29.5$.

月球在两次满月之间实际转过了 $(2\pi + \theta)$, 用了 29.5 天, 所以月球的自转角速度 $\omega = \frac{2\pi + \theta}{29.5}$.

由 $T = \frac{2\pi}{\omega}$ 得月球自转周期

$$T = \frac{2\pi}{(2\pi + \theta)/29.5} = \frac{2\pi \times 29.5}{2\pi + \frac{2\pi}{365} \times 29.5} = 27.3$$

(天)



点评

本题涉及的月相变化属于简单的地理现象, 要理解两次满月之间月球实际转过的角度为 $2\pi + \theta$.

反馈平台

- 关于行星的运动, 下列说法中正确的是 ()
 - 行星轨道的半长轴越长, 自转周期就越大
 - 行星轨道的半长轴越长, 公转周期就越大
 - 水星的半长轴最短, 公转周期最大
 - 冥王星离太阳最远, 绕太阳运动的周期最长
- 关于丹麦天文学家第谷对行星的位置进行观察所记录的数据, 下列说法中正确的是 ()
 - 这些数据与以行星绕太阳做匀速圆周运动为模型得到的结果相吻合
 - 这些数据存在相当大的观测误差, 观测误差至少有 8° 的角度误差
 - 这些数据说明太阳绕地球运动
 - 离太阳越远的行星, 公转周期越长
- 设行星绕恒星的运动轨道是圆, 则其运行周期 T 的平方与其运行轨道半径 R 的三次方之比为常数, 即 $T^2/R^3 = K$. 那么 K 的大小 ()
 - 只与行星的质量有关
 - 只与恒星的质量有关
 - 与恒星和行星的质量都有关
 - 与恒星的质量及行星的速率有关
- 哈雷彗星的轨道是一个非常扁的椭圆, 当彗星离地球最近时, 速度为 v_1 , 当彗星离地球最远时, 速度为 v_2 , 下列说法中正确的是 ()
 - $v_1 > v_2$
 - $v_1 < v_2$
 - $v_1 = v_2$
 - 无法确定
- 关于公式 $F = \frac{GMm}{r^2}$, 下列说法中正确的是 ()
 - 公式是以行星绕太阳运动推导出来的, 不适用于计算地球对人造卫星的吸引力
 - 公式适用于计算地球对人造卫星的吸引力

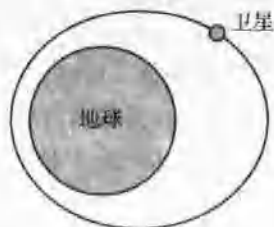
- C. 公式适用于任何两个物体之间相互吸引力的计算,其中 r 为两物体之间的距离
- D. 公式适用于计算任何两个质点间的相互引力,其中 r 是两质点间的距离
6. 人造卫星在轨道上绕地球做圆周运动,其所受的向心力 F 跟轨道半径 r 的关系是 ()
- A. 由公式 $F=\frac{mv^2}{r}$ 可知 F 和 r 成反比
- B. 由公式 $F=m\omega^2 r$ 可知 F 和 r 成正比
- C. 由公式 $F=m\omega v$ 可知 F 和 r 无关
- D. 由公式 $F=\frac{GMm}{r^2}$ 可知 F 和 r 成反比
7. 下图中,有两颗人造地球卫星围绕地球运动,它们运行的轨道可能是_____,不可能是_____.
8. 地球同步通讯卫星和月球都是地球的卫星,它们运动的周期不同.设月球绕地球做匀速圆周运动,求它们做圆周运动的轨道半径之比.



第7题图

10. “9·11”恐怖事件发生后,美国为了找到本·拉登的藏身地,使用了先进的侦察卫星.据报道:美国将多颗最先进的KH-11、KH-12“锁眼”系列照相侦察卫星调集到中亚地区上空,“锁眼”系列照相侦察卫星绕地球沿椭圆轨道运动,如图所示,近地点265km(指卫星与地面的最近距离),远地点650km(指卫星与地面的最远距离),质量为13.6~18.2t.这些侦察卫星上装有先进的CCD数字照相机,能够分辨出地面上0.1m大小的目标,并自动地将照片传给地面接收站及指挥中心.由开普勒定律可知:如果卫星绕地球做圆周运动的圆轨道半径跟椭圆轨道的半长轴相等,那么,卫星沿圆轨道运动的周期跟卫星沿椭圆轨道运动的周期相同.

请你由上述数据估算这些“锁眼”系列侦察卫星绕地球运动的周期,要求保留一位有效数字.(地球的半径为 $R=6400\text{ km}$, $g=10\text{ m/s}^2$)



第10题图

9. 两颗人造卫星A和B绕地球做匀速圆周运动,周期之比为 $T_A:T_B=1:8$,求两颗人造卫星的轨道半径之比和运动速率之比.



水平自测

HUI PING ZI CE

A 组

- 木星公转周期约为 12 年,地球到太阳的距离为 1 天文单位,则木星到太阳的距离为 ()
 A. 2 天文单位
 B. 4 天文单位
 C. 5.2 天文单位
 D. 12 天文单位
- 下列古代人对于天体运动的描述中,符合事实的是 ()
 A. 地球是宇宙的中心,太阳、月球围绕地球旋转
 B. 太阳是宇宙的中心,是静止不动的,地球和其他行星都绕太阳运动
 C. 古代人把天体运动看得很神圣,认为天体运动必然是最完美、最和谐的匀速圆周运动
 D. 天体的运动与地面上物体的运动所遵循的规律是相同的
- 关于万有引力定律,下列说法中错误的是 ()
 A. 牛顿把地球表面的动力学关系应用到天体间的相互作用,发现了万有引力定律
 B. 开普勒等科学家对天体运动规律的研究为万有引力定律的发现作了准备
 C. 只有天体之间才有万有引力
 D. 太阳对行星的引力就是行星绕太阳旋转的向心力
- 关于“日心说”,下列说法中正确的是 ()
 A. “日心说”认为太阳是静止不动的
 B. “日心说”认为地球和其他行星都绕太阳做匀速圆周运动
 C. “日心说”的两个观点在现在看来也是完全正确的
 D. “日心说”的两个观点现在看来都不是完全正确的
- 苹果落向地球,而不是地球向上运动碰到苹果,这个现象的原因是 ()
 A. 苹果质量小,对地球的引力小,而地球质量大,对苹果的引力大
 B. 地球对苹果有引力,而苹果对地球没有引力
 C. 苹果与地球间的相互引力是相等的,但由于地球质量极大,不可能产生明显的加速度
 D. 以上说法都不对
- 下列事例中主要因万有引力作用引起的物理现象是 ()
 A. 月亮绕着地球转
 B. 地球周围包围着稠密的大气层,它们不会散发到太空中去
 C. 海水的潮汐现象
 D. 把许多碎铅块压紧成一个大铅块
- 天文工作者发现了一颗小行星,并测出它围绕太阳旋转的轨道半径是地球公转轨道半径的 4 倍,由此可以推知这颗小行星绕太阳旋转一周需要_____年.
- 地球绕太阳运行的轨道半长轴为 $1.50 \times 10^{11} \text{ m}$, 周期为 365 天;月球绕地球运行的轨道半长轴为 $3.82 \times 10^8 \text{ m}$, 周期为 27.3 天. 则对于绕太阳运行的行星, $\frac{R^3}{T^2}$ 的值为_____;对于绕地球运行的物体, $\frac{R^3}{T^2}$ 的值为_____.
- 天文学家哈雷曾经在 1682 年跟踪过一颗彗星(后命名为哈雷彗星),并预言该颗彗星每隔 76 年飞近地球一次,根据开普勒行星第三定律,估算出哈雷彗星轨道的半长轴是地球公转半径的多少倍?



10. 甲、乙两颗人造地球卫星,在同一轨道上的不同高度处同向运行(可视为匀速圆周运动),甲距地面高度为地球半径的0.5倍,乙距地面高度为地球半径的5倍,两卫星在某一时刻正好位于地球表面某处的正上空,试求:

- (1)两卫星运动的速率之比;
- (2)乙卫星至少要经过多少周期,两卫星间距离达到最大.

B组

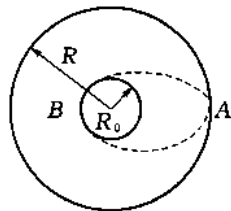
1. 考虑到地球上的物体除受到地球的引力外,还要受到太阳的引力作用.若用弹簧测力计称量同一物体的重力时,白天的示数与夜晚的示数相比较(设地球各点到太阳的距离之差忽略不计,空气的阻力忽略不计) ()
 - A. 夜晚示数较大
 - B. 白天示数较大
 - C. 示数相等
 - D. 无法确定
2. 设想人们开发月球,不断把月球上的矿藏搬运到地球上,若经过长期开采后,假定月球的运行轨道不变,则与开采前相比 ()
 - A. 地球与月球间的万有引力将变大
 - B. 地球与月球间的万有引力将变小
 - C. 地球与月球间的万有引力将不变
 - D. 无法确定
3. 某行星绕太阳在圆轨道上运行的角速度为 ω ,线速度为 v ,已知引力常量为 G ,此行星与太阳的距离是_____,太阳的质量是_____.
4. 两颗卫星在同一轨道平面内绕地球做匀速圆周运动,地球半径为 R ,卫星 a 离地面的高度为 R ,卫星 b 离地面的高度为 $7R$,则
 - (1) a 、 b 两卫星周期之比 $T_a : T_b$ 是多少?
 - (2)若某时刻两卫星正好同时通过地面上同一

地点的正上方,则卫星 a 至少经过多长时间(用 a 的周期 T_a 表示)和卫星 b 相距最远?

5. 德国天文学家开普勒(Johannes Kepler)是丹麦著名天文学家第谷(Tycho Brahe)的学生和继承人,他与意大利的伽利略(Galileo)是同时代的两位巨人.开普勒从理论的高度上对哥白尼学说作了科学论证,使它提高了一大步.他所发现的行星运动定律“改变了整个天文学”,为后来牛顿发现万有引力定律奠定了基础.开普勒也被后人誉为“天空的立法者”.开普勒提出了行星运动三定律.

如果某返回式人造卫星开始沿半径为 r 的圆形轨道绕地球运动,当开始制动火箭后,卫星速度瞬间降低并转移到跟地球相切的轨道上,问在这之后,卫星经过多少时间着陆?(不计空气阻力,地球的半径为 R ,地球表面的重力加速度为 g)

如果某飞船沿半径为 R 的圆周绕地球运动,其周期为 T ,如图所示.如果飞船要返回地面,可在轨道上的某一点 A 将速度降低到适当的数值,从而使飞船沿着以地心为焦点的椭圆轨道运行,椭圆与地球表面的 B 点相切,求飞船由 A 点到 B 点所需要的时间.(已知地球的半径为 R_0)



第5题图



第二课时

万有引力定律



1. 了解物体之间引力的普适性. 牛顿认为天体间的力应该是“万有”的, 即普适的、统一的. 因此地球对月亮、对地面重物也应遵循上述结论. 于是月球绕地球沿圆轨道运行的向心加速度, 按上节④式应是

$$a = \frac{v^2}{\rho} = \frac{4\pi^2 K_e}{\rho^2} \quad (1)$$

其中 ρ 是地月距离, K_e 是与地球有关的常量. 类推地面物体, 若不考虑地球自转因素, 物体所受重力就是地球对物体的万有引力, 设 g 是地球表面的重力加速度, R 为地球半径, 则有

$$mg = \frac{4\pi^2 m K_e}{R^2}, \text{ 即 } g = \frac{4\pi^2 K_e}{R^2} \quad (2)$$

从①②两式消去 K_e , 再将 $v = \frac{2\pi\rho}{T}$ 代入, 就是

$$\frac{\rho^3}{T^2} = \frac{R^2 g}{4\pi^2} \text{ 或 } \frac{4\pi^2 \rho}{g T^2} = \frac{R^2}{\rho^2} \quad (3)$$

其中 $T=27.3$ 天是月球绕地球运动周期. 早在公元前 2 世纪, 古希腊天文学家已测得 $\rho=60R$, 据此推算, 月球的向心加速度应是 g 值的 $\frac{1}{3600}$, ③

式中 $\frac{4\pi^2 \rho}{g T^2}$ 就是月球的向心加速度. 只要测得地球半径, 就可以检验③式是否正确. 现代的数据 $R \approx 6400\text{km}$, $\rho = 3.84 \times 10^5\text{km}$, $g = 9.8\text{m/s}^2$ 显然符合③式. 牛顿获得了地球半径的准确数据之后, 肯定了这一结果, 并证明了万有引力的假设是正确的.

牛顿在前人的基础上, 以严整的理论体系, 建立了关于物体运动的三个定律和万有引力定律. 两者如同互相支撑的两大基石, 构成了经典力学和天文学.

2. 理解万有引力定律的表达式及其适用范围. 自然界的一切物体都相互吸引, 两个物体间的

引力的大小, 跟它们的质量乘积成正比, 跟其距离的平方成反比. 公式: $F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$. 其中 m_1 、 m_2 分别表示两个物体的质量, r 为其间的距离.

万有引力定律中的距离 r 的含义是两个质点间的距离. 两个物体相距很远, 一般可以视为质点. 如果是规则形状的均匀球体, 且相距较近, 则应把 r 理解为两个球心间的距离.

3. 万有引力恒量的测定. 牛顿发现了万有引力定律, 由于一般物体的质量太小, 它们之间的引力无法测出, 而天体的质量太大, 无法测出质量. 所以, 万有引力定律发现了 100 多年后, 万有引力恒量仍没有一个准确的结果, 这个公式就仍然不能是一个完善的等式. 直到 100 多年后, 英国人卡文迪许利用扭秤, 才巧妙地测出了这个恒量.

卡文迪许测定的 G 值为 6.754×10^{-11} , 现在公认的 G 值为 6.67×10^{-11} . 需要注意的是, 这个万有引力恒量是有单位的: 它的单位为 $\text{N} \cdot \text{m}^2/\text{kg}^2$.

4. 理解物体重力与万有引力的关系. 若不考虑地球自转因素的影响, 物体的重力近似为地球对物体的引力, 即 $mg = G \frac{Mm}{(R+h)^2}$. 所以重力加速

度 $g = G \frac{M}{(R+h)^2}$, 可见, g 随 h 的增大而减小. 若考虑地球自转因素的影响, 物体在地球表面各处所受万有引力大小相等, 万有引力中的一小部分用于提供物体随地球自转所需的向心力, 剩余的大部分就是我们以前研究的重力. 由于地球表面各处自转的角速度相等, 因此相比于赤道, 同一重物在两极处所需的向心力最小, 说明 g 随纬度的增大而增大.



1. 万有引力定律产生的历史回顾

(1) 开普勒通过对天体运动的观测, 以及对大量数据的研究, 总结出了天体运动的开普勒三定律, 分别称为 _____ 定律、_____ 定律和 _____ 定律.

(2) 牛顿把行星轨道近似看做 _____, 利用牛



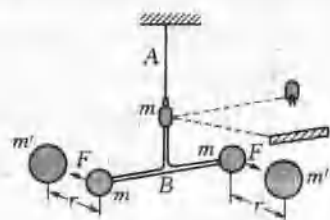
顿第二定律,得出引力 $F \propto \frac{m}{r^2}$, m 为行星的质量,利用牛顿第三定律,得出引力 $F \propto \frac{M}{r^2}$, M 为太阳的质量,联立两式得 $F \propto \frac{Mm}{r^2}$.

(3) 牛顿认为天体间的引力具有普适性,把它推广到地球对____、对____,推广到自然界中____.

(4) 英国物理学家____利用____装置在实验室中测得万有引力常量,其数值是____.

2. 万有引力定律的表达式是____,式中 r 表示____间的距离;对于质地均匀的两个球体, r 表示____间的距离.

3. 如图是卡文迪许扭秤实验的示意图,其中 A 是____, B 是____. 放入两个质量较大的球 m' 后,由于引力作用, T 形架将旋转,当____力矩和____力矩相平衡时,利用光源、平面镜、米尺测出____,求得万有引力 F ,再测出 m 、 m' 和球心间的距离 r ,即可求出万有引力常量. 其中固定在 T 形架上的小平面镜起着非常大的作用. 利用光的反射定律可以把 T 形架的微小转动放大到能够精确测量的程度. 设小平面镜到刻度尺的距离为 L , T 形架两端固定的两个小球中心相距为 l , 设放置两个大球 m' 后,刻度尺上的反射光点向左移动了 Δx ,那么在万有引力作用下,小球向大球移动了____.



第3题图

4. 确定重力加速度的方法:由____得____,重力加速度为 g 随 h 的增大而减小.



例1 设地球表面的重力加速度为 g , 物体在距地心 $4R$ (R 是地球半径) 处, 由于地球的引力作用而

产生的重力加速度为 g' , 则 g/g' 为 ()

A. 1 B. 1/9 C. 1/4 D. 1/16

解: 地球表面物体所受重力等于万有引力,

$$\text{即 } mg = G \frac{Mm}{R^2},$$

$$\text{解得, } g = G \frac{M}{R^2},$$

$$\text{同理 } g' = G \frac{M}{(R+3R)^2},$$

$$\text{所以 } g/g' = 1/16.$$

答案:D.



点评

地球表面的重力加速度 g , 也称重力场强, 与场源(即地球)的质量和研究的位置有关, 而与该处是否存在物体无关. 因此在计算过程中不必考虑地球的自转因素.

例2 一物体在地球表面重 16N , 它在以 5m/s^2 的加速度加速上升的火箭中视重为 9N , 则此火箭离地球表面的距离为地球半径 R ()

A. 2 倍 B. 3 倍 C. 4 倍 D. 一半

解: 设此时火箭上升到离地球表面 h 的高度, 火箭上物体的视重等于物体受到的支持力 N . 物体受到的重力是 mg' , g' 是 h 高处的重力加速度.

根据牛顿第二定律 $N - mg' = ma$

其中 $m = \frac{G}{g}$, 代入上式

$$mg' = N - \frac{G}{g}a = (9 - \frac{16}{10} \times 5)\text{N} = 1\text{N}$$

在距地球表面为 h 的高度, 物体重力是 1N , 且等于万有引力, 因此在 h 高处有

$$mg' = G \frac{Mm}{(R+h)^2}$$

同理在地球表面有

$$mg = G \frac{Mm}{R^2}$$

两式相除, 得 $\frac{mg'}{mg} = \frac{(R+h)^2}{R^2}$

$$R+h = \sqrt{\frac{mg'}{mg}} R = \sqrt{\frac{1}{16}} R = 4R$$

$$h = 3R$$

答案:B.



品评

所谓视重,就是在某种情况下,物体对弹簧测力计作用的拉力或弹力的大小,如本题中在“以 5m/s^2 的加速度加速上升的火箭中的视重为 9N ”,就是指此时物体对火箭的压力为 9N . 此外需注意,在地球表面较大空间范围内,物体的重力会随位置的升高而不断减小.

例3 地球可视为球体,其自转周期为 T ,在它的两极处,用弹簧测力计测得某物体重为 P ,在它的赤道上,用弹簧测力计测得同一物体重为 $0.9P$,则地球的平均密度是多少?

解:设被测物体的质量为 m ,地球的质量为 M ,半径为 R ;在两极处时,由于无需考虑物体所需的向心力,因此物体的重力等于地球对物体的万有引力.

$$\text{即 } P = G \frac{Mm}{R^2} \quad (1)$$

在赤道上,地球对物体的万有引力和弹簧测力计对物体拉力的合力提供向心力,

$$\text{根据牛顿第二定律有 } G \frac{Mm}{R^2} - 0.9P = mR \frac{4\pi^2}{T^2} \quad (2)$$

$$\text{由以上两式解得 } M = \frac{4\pi^2 PR^3}{G(P - 0.9P)T^2}$$

$$\text{地球的体积为 } V = \frac{4}{3}\pi R^3$$

得地球的平均密度为

$$\rho = \frac{M}{V} = \frac{3\pi P}{(P - 0.9P)GT^2} = \frac{30\pi}{GT^2}$$



品评

在物理习题中,地球常常被视为一个质地均匀的球体,因此,某一物体处在地球表面上的不同位置时,其所受的万有引力大小均相等,方向指向地心.物体随地球自转,处在地球表面上不同位置时,自转角速度相等,但纬度越高,其所需向心力则越小.物体随地球自转所需向心力来自于万有引力的分力,而万有引力的另一个分力就是我们所熟悉的重力.因此同一物体所处的纬度越高,其重力越大.此外,由于物体随地球自转的圆轨道的圆心与地心一般不重合,即万有引力与自

转所需向心力的方向不在同一直线上,因此一般情况下物体的重力方向不指向地心,而是说重力方向竖直向下(赤道和两极处例外).

反馈平台

- 关于万有引力定律的适用范围,下列说法中正确的是 ()
 - 只适用于天体,不适用于地面物体
 - 只适用于球状物体,不适用于其他形状的物体
 - 只适用于质点,不适用于实际物体
 - 适用于自然界中任意两个物体之间
- 下列说法中,不正确的是 ()
 - 万有引力定律揭示了自然界物体间普遍存在的一种基本相互作用——引力作用的规律
 - 卡文迪许用实验的方法证明了万有引力定律
 - 引力常量 G 的单位是 $\text{N} \cdot \text{kg}^2/\text{m}^2$
 - 两个质量均为 1kg 的质点相距 1m 时的万有引力是 6.67N
- 假设地球为一密度均匀的球体,若保持其密度不变,而将其半径缩小 $1/2$,那么地面上的物体所受的重力将变为原来的 ()
 - 2倍
 - $1/2$
 - 4倍
 - $1/8$
- 月球表面的重力加速度只有地球表面重力加速度的 $1/6$.一根绳子在地球表面能拉着 3kg 的重物产生最大为 10m/s^2 的竖直向上的加速度 ($g_{\text{地}}$ 取 10m/s^2).将绳子和重物均带到月球表面,用该绳能使重物产生沿月球表面竖直向上的最大加速度为 ()
 - 0
 - 20m/s^2
 - 18.3m/s^2
 - 10m/s^2
- 站在赤道上的人随地球自转做匀速圆周运动,提供向心力的是 ()
 - 重力和支持力
 - 万有引力和支持力
 - 重力、静摩擦力和支持力
 - 万有引力、静摩擦和支持力
- 某星球质量为地球质量的 9 倍,半径为地球半径的一半,在该星球表面从某一高度以 10m/s



的初速度竖直向上抛出一物体,从抛出到落回原地需要的时间为($g_{\text{地}}=10\text{m/s}^2$) ()

- A. 1s B. $\frac{1}{9}\text{s}$ C. $\frac{1}{8}\text{s}$ D. $\frac{1}{36}\text{s}$

7. 一个物体在某星球表面受到的吸引力为在地球表面所受吸引力的 n 倍,该星球的半径是地球半径的 m 倍.若该星球和地球的质量分布是均匀的,则该星球的密度是地球密度的_____倍.
8. 某星球的质量约为地球的 9 倍,半径约为地球的一半,若从地球上高 h 处平抛一物体,物体射程为 60m. 则在该星球上,从同样的高度,以同样的初速度平抛同一物体,射程应为_____m.
9. 地球的质量是月球的 81 倍,设地球与月球之间的距离为 R . 有一飞行器运动到地球与月球连线上某位置时,地球对它的引力是月球对它引力的 4 倍,那么此飞行器离开地心的距离是多少?

10. 某人在某一星球上以速率 v 竖直上抛一物体,经 ts 后落回抛出点,已知该星球的半径为 R . 若要在星球上发射一颗靠近该星球运转的人造星体,则该人造星体的速率大小为多少?

11. 火星的半径是地球半径的一半,其质量是地球质量的 $\frac{1}{9}$,一宇航员的质量是 72kg,则他在火星上所受的重力是多大? 这个宇航员在地球上最多能举起 100kg 的物体,那么他在火星上最多能举起质量为多大的物体?

水平自测

HUI PING ZI CE

A 组

1. 在万有引力定律的公式 $F=G\frac{m_1m_2}{r^2}$ 中 ()
- A. 对星球之间而言, r 是指运行轨道的平均半径
- B. 对地球表面的物体与地球而言, r 是指物体距离地面的高度
- C. 对两个均匀球而言, r 是指两个球心间的距离
- D. 对人造地球卫星而言, r 是指卫星离地球表面的高度
2. 关于万有引力定律 $F=G\frac{m_1m_2}{r^2}$, 下列说法中正确的是 ()
- A. 公式中 G 为引力常量,它是由实验测得的,而不是人为规定的
- B. 当 r 趋近于 0 时,万有引力趋近无穷大
- C. m_1 与 m_2 受到的引力总是大小相等的,而与 m_1 与 m_2 是否相等无关
- D. m_1 与 m_2 受到的引力总是大小相等、方向相反,是一对平衡力
3. 可以发射这样一颗地球人造卫星,使其圆轨道 ()